

**TRANSPARENT ELECTRODE OF LIGHT EMITTING DEVICE WITH REDUCED SPECIFIC CONTACT RESISTANCE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF**

**Patent number:** KR20050020339  
**Publication date:** 2005-03-04  
**Inventor:** CHOO SUNG HO; JANG JA SOON  
**Applicant:** LG INNOTECH CO LTD  
**Classification:**  
- international: **H01L33/00; H01L33/00;** (IPC1-7): H01L33/00  
- european:  
**Application number:** KR20030058209 20030822  
**Priority number(s):** KR20030058209 20030822

[Report a data error here](#)

**Abstract of KR20050020339**

**PURPOSE:** A transparent electrode of a light emitting device and a manufacturing method thereof are provided to spread uniformly the carriers supplied from outside of the device and to flow smoothly photons to outside by reducing specific contact resistance using a conductive array material as a conductive bridge. **CONSTITUTION:** A transparent electrode(310) of a light emitting device includes a metal oxide layer(303) made of a first metal, a mixed oxide layer and a conductive array material. The mixed oxide layer(304) is formed on the metal oxide layer by reacting a third metal on the first metal. The conductive array material(305) is formed like a metal dot within the metal oxide layer and the mixed oxide layer. The conductive array material is made of a second metal. The conductive array material functions as a conductive bridge.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.<sup>7</sup>  
H01L 33/00

(11) 공개번호 10-2005-0020339  
(43) 공개일자 2005년03월04일

(21) 출원번호 10-2003-0058209  
(22) 출원일자 2003년08월22일

(71) 출원인 엘지이노텍 주식회사  
서울 강남구 역삼동 736-1번지

(72) 발명자 장자순  
광주광역시광산구도천동중흥아파트101동901호  
추성호  
광주광역시광산구우산동시영1차103동909호

(74) 대리인 허용록

심사청구 : 있음

(54) 발광소자의 투명전극 및 그 제조방법

요약

본 발명에 따른 발광소자의 투명전극은, 제 1 금속으로 이루어진 금속 산화물층과; 제 3 금속과 금속 산화물층을 이루는 제 1 금속이 반응되어 형성된 혼합 산화물층; 및 제 2 금속으로 이루어지며, 금속 산화물층 및 혼합 산화물층에 금속점(Metal Dot) 형태로 형성된 전도성 배열 물질; 을 포함한다.

또한, 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극 제조방법은, p형 GaN계 층 상에 제 1 금속층을 형성하는 단계와; 제 1 금속층 상에 제 2 금속층을 형성하는 단계와; 제 2 금속층 상에 제 3 금속층을 형성하는 단계; 및 산소가 포함된 분위기에서 결과물에 대한 열처리를 수행하여, p형 GaN계 층의 상부 영역은 고농도 p형 GaN계 층으로 형성되고, 제 1 금속층은 금속 산화물층으로 형성되고, 제 3 금속층은 제 1 금속층을 이루는 제 1 금속과 반응되어 혼합 산화물층으로 형성되고, 제 2 금속층은 금속 산화물층 및 혼합 산화물층 내부에 금속점(Metal Dot) 형태의 전도성 배열 물질로 형성되는 단계; 를 포함한다.

이와 같은 본 발명에 의하면, 비접촉저항을 낮추고 이를 통해서 외부에서 공급되는 캐리어가 소자 내부로의 균일한 전류 퍼짐(current spreading)이 가능하며, 또한 소자 내부에서 발생되어 나오는 광자(photon)가 외부로 잘 빠져나갈 수 있는 장점이 있다.

대표도

도 3

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 발광소자의 투명전극 제조방법의 한 예를 설명하기 위한 도면.

도 2는 종래 발광소자의 투명전극 제조방법의 다른 예를 설명하기 위한 도면.

도 3은 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극이 형성된 구조를 나타낸 도면.

도 4는 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극 제조방법을 설명하기 위한 도면.

도 5 내지 도 7은 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극이 형성된 다른 구조를 나타낸 도면.

# <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

301, 401, 501, 601, 701... p형 GaN계 층  
 302... 고농도 p형 GaN계 층 303... 금속 산화물층  
 304... 혼합 산화물층 305... 전도성 배열 물질  
 310, 503, 603, 703... 투명전극 402... 제 1 금속층  
 403... 제 2 금속층 404... 제 3 금속층  
 502... p<sup>+</sup>-IrO 602... p<sup>+</sup>-ZnO  
 703... n<sup>+</sup>-ZnO

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 발광소자에 관한 것으로서, 특히 비접촉저항(specific content resistance)을 낮추고 이를 통해서 외부에서 공급되는 캐리어가 소자 내부로의 균일한 전류 퍼짐(current spreading)이 가능하며, 또한 소자 내부에서 발생되어 나오는 광자(photon)가 외부로 잘 빠져나갈 수 있는 발광소자의 투명전극 및 그 제조방법에 관한 것이다.

일반적으로, 발광소자나 레이저와 같은 광 디바이스를 구현하기 위해서는 무엇보다도 반도체와 전극으로 형성되는 금속 간에 양질의 오믹 접촉이 이루어 져야 한다. 또한, 평평한 표면상태, 열적 안정성, 쉬운 가공성, 저접촉저항, 고수율, 양호한 부식저항성 등이 요구된다.

한편, GaN계 질화물 반도체 발광소자는 주로 사파이어 기판 또는 SiC 기판 위에서 성장된다. 그리고, 저온의 성장 온도에서 사파이어 기판 또는 SiC 기판 위에 GaN계의 다결정층을 버퍼층(buffer layer)으로 성장시키고, 이후 고온에서 상기 버퍼층 위에 도핑되지 않은 GaN층, 실리콘(Si)이 도핑된 n형 GaN층 또는 상기 구조의 혼합된 구조로 성장시켜 n형 GaN계 층을 형성한다. 이어서, 상기 n형 GaN계 층 상에 발광층(양자우물구조 활성층)을 형성하고, 그 위에 p형 GaN계 층을 더 형성함으로써 반도체 발광소자를 제조한다.

그리고, 이와 같은 반도체 발광소자에는 다음과 같은 방법을 통하여 투명전극이 형성될 수 있다.

하나의 방법은, 도 1에 나타낸 바와 같이, p형 GaN계 층(101) 위에 오믹 접촉이 가능한 제 1 금속층(102) 예컨대 니켈(Ni)을 형성시킨다. 그리고 상기 제 1 금속층(102) 상에, 캐리어 전도를 위하여 제 2 금속층(103) 예컨대 금(Au)을 증착시켜서 투명전극(110)을 형성시키는 방법이다. 도 1은 종래 발광소자의 투명전극 제조방법의 한 예를 설명하기 위한 도면이다.

즉, p형 GaN계 층(101) 위에 Ni, Pt, Ti, Cr, Au 중에서 하나의 금속을 선택하여 제 1 금속층(102)을 증착시키고, 그 위에 금(Au)을 이용하여 제 2 금속층(103)을 증착시켜서 투명전극(110)을 형성시킬 수 있게 된다. 대표적인 투명전극의 예로는 Ni/Au 전극이 이용되고 있다.

다른 방법으로는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 산화물이 잘 형성되는 제 1 금속층(202)을 p형 GaN계 층(201) 위에 형성시키고, 이후에 캐리어 전도를 위한 제 2 금속층(203) 예컨대 금(Au)을 증착시킨 후 산소가 포함된 분위기에서 열처리를 수행한다. 이에 따라, 금속 산화물층(212)을 투명하게 만들어 상기 p형 GaN계 층(201) 상에 투명전극(220)을 형성시키는 방법이다. 도 2는 종래 발광소자의 투명전극 제조방법의 다른 예를 설명하기 위한 도면이다.

이와 같은 방법을 이용하여 투명전극을 형성하는 대표적인 예로는, p형 GaN계 층(201) 위에 코발트(Co)와 금(Au)을 순차적으로 증착한 후에 산소를 포함하는 분위기에서 열처리를 수행하여 'Co-O' 산화물을 형성시키는 방법이 있다. 또한, 상기 코발트(Co) 대신에 니켈(Ni)을 이용하는 방안에 대해서도 제시가 되어 있다.

그런데, 이와 같은 방법을 통하여 형성되는 발광소자의 투명전극에는 다음과 같은 단점이 있다.

일반적으로 산화물 구조가 아닌 첫번째 제조방법에 의해 형성되는 투명전극 구조(도 1 참조)에서는, 비접촉저항이  $10^{-2}\Omega\text{cm}^2$  정도로 매우 높아서 투명전극의 가장 큰 기능들 중에 하나인, 전류가 퍼지게 하는 'current spreader'로서의 역할을 제대로 수행하지 못하는 구조로 알려져 있다. 이는, 계면에서의 높은 비접촉저항으로 인해서 소자 동작 시에 이로 인한 열이 계면에 발생하게 되고, 결국 소자 신뢰성 저하에 큰 영향을 미치게 되는 것으로 알려져 있다.

또한, 도 2를 참조하여 설명된 제조방법에 의해 형성되는 투명전극 구조에서는, 비접촉저항은 상당부분 개선되는 것으로 보고되고 있으나, 빛 투과도 측면에서는 성능이 떨어지는 것으로 알려져 있다. 이는, 산소 분위기에서 열처리를 수행할 때 형성되는 금속 산화물이 투과성 향상에 기여될 수 있는 구조인 'hetero epitaxial' 구조로 되지 못하

고, 'polycrystalline' 구조가 되면서, 투명전극 내에 존재하는 많은 수의 작은 그레인(grain)들에 의해서 반도체 내부로부터 밖으로 나오는 광자들의 흡수 또는 산란 손실이 발생되기 때문인 것으로 알려져 있다.

이에 따라, 비접촉저항을 낮추고 이를 통해서 외부에서 공급되는 캐리어가 소자 내부로의 균일한 전류 퍼짐(current spreading)이 가능하도록 하며, 또한 소자 내부에서 발생되어 나오는 광자(photon)가 외부로 잘 빠져나갈 수 있도록 하는 발광소자의 투명전극에 대한 연구가 진행되고 있는 실정이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은, 비접촉저항을 낮추고 이를 통해서 외부에서 공급되는 캐리어가 소자 내부로의 균일한 전류 퍼짐(current spreading)이 가능하며, 또한 소자 내부에서 발생되어 나오는 광자(photon)가 외부로 잘 빠져나갈 수 있는 발광소자의 투명전극 및 그 제조방법을 제공함에 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극은,

제 1 금속층으로 이루어진 금속 산화물층과;

제 3 금속과 상기 금속 산화물층을 이루는 제 1 금속이 반응되어 형성된 혼합 산화물층; 및

제 2 금속층으로 이루어지며, 상기 금속 산화물층 및 혼합 산화물층에 금속점(Metal Dot) 형태로 형성된 전도성 배열 물질;을 포함하는 점에 그 특징이 있다.

또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극 제조방법은,

p형 GaN계 층 상에 제 1 금속층을 형성하는 단계와;

상기 제 1 금속층 상에 제 2 금속층을 형성하는 단계와;

상기 제 2 금속층 상에 제 3 금속층을 형성하는 단계; 및

산소가 포함된 분위기에서 상기 결과물에 대한 열처리를 수행하여,

상기 p형 GaN계 층의 상부 영역은 고농도 p형 GaN계 층으로 형성되고,

상기 제 1 금속층은 금속 산화물층으로 형성되고,

상기 제 3 금속층은 상기 제 1 금속층을 이루는 제 1 금속과 반응되어 혼합 산화물층으로 형성되고,

상기 제 2 금속층은 상기 금속 산화물층 및 혼합 산화물층 내부에 금속점(Metal Dot) 형태의 전도성 배열 물질로 형성되는 단계;를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

이와 같은 본 발명에 의하면, 비접촉저항을 낮추고 이를 통해서 외부에서 공급되는 캐리어가 소자 내부로의 균일한 전류 퍼짐(current spreading)이 가능하며, 또한 소자 내부에서 발생되어 나오는 광자(photon)가 외부로 잘 빠져나갈 수 있는 장점이 있다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시 예를 상세히 설명한다.

도 3은 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극이 형성된 구조를 나타낸 도면이다.

도 3에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극(310)은 금속 산화물층(303)과, 혼합 산화물층(304) 및 전도성 배열 물질(305)로 구성된다. 그리고, 상기 투명전극(310)은 고농도 p형 GaN계 층(302) 상에 형성되어 있으며, 상기 고농도 p형 GaN계 층(302)은 p형 GaN계 층(301) 상에 형성되어 있다.

여기서, 상기 전도성 배열 물질(305)은 상기 금속 산화물층(303)과 혼합 산화물층(304)으로 구성되는 투명전극(310) 전반에 금속점(Metal Dot) 형태로 형성되며, 'conductive bridge'로서의 기능을 수행한다. 이때, 상기 전도성 배열 물질(305)은 상기 투명전극(310) 내에서 주기적인 배열을 가지고 금속점으로 형성된다.

그러면, 이와 같은 발광소자의 투명전극을 형성하는 과정을 도 4를 참조하여 설명해 보기로 한다. 도 4는 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

먼저, 투명전극을 형성시키고자 하는 p형 GaN계 층(401) 예컨대 p-(In, Al)GaN층 상에 제 1 금속층(402)을 형성한다. 여기서, 상기 제 1 금속층(402)은 수소와 친화력이 우수하고 p형 GaN계 층(401)을 이루는 물질 예컨대 GaN과는 반응성이 낮은 금속(특히 N과의 반응성이 약한 금속) 중에서 선택하여 형성한다.

그리고, 상기 제 1 금속층(402) 상에 제 2 금속층(403)을 형성한다. 이때, 상기 제 2 금속층(403)은 향후 형성되는 산화물 안에서 금속점(전도성 배열 물질, 도 3의 305 참조)으로 용이하게 형성될 수 있는 물질을 선택하여 형성하도록 한다. 이에 대해서는 추후 다시 설명하기로 한다.

또한, 상기 제 2 금속층(403) 상에는 제 3 금속층(404)을 더 형성시킨다. 여기서, 상기 제 3 금속층(404)은 상기 제 1 금속층(402)과 향후 진행되는 열처리 공정에서 혼합 산화물층(도 3의 304 참조)을 용이하게 형성할 수 있는 물질을 선택하여 형성하도록 한다.

이와 같이, 적층 형성된 결과물에 대하여 후속 공정으로서, 산소를 포함하는 분위기 상에서 열처리(또는 플라즈마 공정)를 수행한다. 이에 따라, 다음과 같은 반응이 진행되게 된다.

우선 상기 제 1 금속층(402)을 이루는 금속은, 산소를 포함하는 열처리 공정(또는 플라즈마 공정) 시에 상기 p형 GaN계 층(401) 내부에 존재하는 Mg-H 복합 구조에 존재하는 수소를 효과적으로 흡수한다. 이에 따라, 상기 제 1 금속층(402)은 '(제 1 금속)-Oxide:H'(도 3의 금속 산화물층, 303)의 구조가 되고, 동시에 p형 GaN계 층(401)은 고농도 p형 GaN계 층(도 3의 302)과 p형 GaN계 층(도 3의 301)으로 형성되게 된다.

더불어 상기 제 1 금속층(402)을 이루는 금속은 상기 p형 GaN계 층(401)을 형성하는 물질 예컨대 GaN과 반응성이 낮기 때문에, 특히 '(제 1 금속)-nitride'와 같은 금속-질화물 형성이 어렵게 되어 안정한 오믹 전극구조를 갖게 된다.

그리고, 상기 제 3 금속층(404)과 제 1 금속층(402) 일부는 열처리 공정에 의해서 서로 확산 반응이 일어나서 열적으로 안정한 '(제 3 금속)-(제 1 금속)의 혼합 산화물'(도 3의 304)이 형성된다. 이것은 '(제 1 금속)-Oxide:H'층(도 3의 금속 산화물층, 303)과 더불어서 투명한 층을 형성하게 되어, 소자 내부에서 발생한 빛이 소자 밖으로 잘 배출되도록 돕는 기능을 한다.

또한, 상기 제 2 금속층(403)을 이루는 금속 물질은 열처리 공정에 의해서 산화물 내부에 '금속점(Metal Dot)'(전도성 배열 물질, 도 3의 305 참조)을 형성하게 된다. 이러한 금속점은 열처리 공정에 의해서 형성된 산화물 층이 전도성을 갖게 하는 'Conduction Bridge'로서의 역할을 수행함으로써 투명전극(310)이 전류를 뿌려주는 'Current Spreader'로서의 역할을 하도록 돕게 된다.

이와 함께, 금속점의 크기와 밀도를 조절함으로써 산화물 내부의 굴절을 조절이 가능하기 때문에 특히, 단파장 영역에서 포톤(photon)이 소자 밖으로 더욱 잘 빠져 나갈 수 있도록 하는 광자 경로(photon path)의 기능을 담당할 수 있게 된다.

이와 같은 본 발명에 의하면 다음과 같은 특성을 얻을 수 있다.

우선, 산소 친화적이고 하부에 존재하는 p형 GaN계 층과는 반응성이 낮은 금속 물질을 접촉층으로 활용함으로써 열처리 공정 후에, 접촉 전극층에 의한 p형 질화물 반도체에서의 도핑 농도를 효과적으로 높여주게 되어, 고품위 오믹 접촉 구현이 가능하고 안정한 계면으로 인해서 소자 신뢰성 향상이 크게 기대된다.

나아가, TCB(TCO conducting Bridge)로서의 기능을 하는 '금속점'이 산화물 전반에 걸쳐 형성됨으로서 굴절을 조절 및 캐리어 전도특성을 향상시키기가 용이함으로써 소자 내부에서 발생된 광자(photon)가 투명전극층에서 흡수 또는 산란되는 손실이 적어지게 되어 소자의 광출력을 획기적으로 높일 수 있다.

나아가 2중 TCO 혼합 산화물은 자체가 열적으로 매우 안정하기 때문에, 결국 이러한 구성을 갖는 투명전극 구조는, 소자에서 'current-spreader', 'Photon path', 'Absorption factor against interfacial energy'로서의 기능이 우수함으로써 발광소자의 전기적, 구조적, 광학적 특성 향상 및 신뢰성 확보 등에 큰 효과를 얻을 수 있게 된다.

한편, 상기에서 설명된 각 금속층을 이루는 물질의 구체적인 예로는 다음과 같은 물질들이 선택될 수 있다.

- 제 1 금속층 : Pd, Ir, Zn, Ni

- 제 2 금속층 : Au, Pt

- 제 3 금속층 : ZnO, IrO, Ir, Ni, Pd, Zn, V

여기서, 제 1 금속층을 이루는 물질로는, 산화물이 쉽게 형성되면서 수소와의 반응성이 우수한 금속을 선택하며, N과의 반응성이 없는 금속을 선택하도록 한다. 제 1 금속층을 이루는 물질이 N과 반응이 일어나게 되면, p-(In, Al)GaN 내에 존재하는 도핑농도를 보상(compensation) 현상에 의해서 낮추게 되므로, 오믹 특성 형성이 어렵게 되기 때문이다.

또한, 제 2 금속층을 이루는 물질은 금속점(Metal Dot)을 형성할 수 있는 금속 중에서 선택된다. 이와 같은 금속점은 다음과 같은 원리에 의하여 형성된다. 즉, 산화물이 형성되는 금속과 형성되지 않는 금속을 적층하여 열처리를 하면, 전자의 경우는 산화물이 되며, 산화물이 이루어지지 않는 금속은 표면 및 열에너지 차이에 의한 스트레인(strain) 현상에 의해서 자연스럽게 점(Dot)의 형태로 이루어지게 된다. 이러한 금속점은 산화물이 전도성을 갖도록 하는데 기여하게 되며, 더불어서 금속점의 크기를 조절함으로써 산화물의 굴절을 조절할 수 있게 된다. 이때, 금속점은 각 층을 이루는 두께와, 열처리 시간 및 온도, 분위기 가스 등의 변화를 통해서 그 크기 및 밀도를 조절할 수 있게 된다.

상기 제 1 금속층을 이루는 물질 및 제 2 금속층을 이루는 물질과 산소와의 엔탈피 에너지(Enthalpy Energy(KJ/mole of atoms))를 나타내면 다음과 같다. 즉, Pd, Ir, Zn, Ni은 산화물 형성이 매우 용이한 금속으로서, 그 엔탈피 에너지는 Pd-O(-56), Ni-O(-120), Ir-O(-80), Zn-O(-174)의 값을 나타낸다. 또한 Au, Pt는 산화물 형성이 매우 어려운 금속으로서, 그 엔탈피 에너지는 Au-O(-1~10), Pt-O(+ 값)의 값을 나타낸다.

그리고, 제 3 금속층은 상기에서 설명된 바와 같이 제 1 전극층을 이루는 금속과 쉽게 혼합산화물층을 형성할 수 있는 금속 중에서 선택되어 진다.

이와 같은 물질들 중에서, p-(In, Al)GaN층 상에 제 1 전극층으로 Ir을 증착하고, 그 위에 제 2 전극층으로 Au를 증착한 다음, 제 3 전극층으로 ZnO를 증착시키고 산소 분위기에서 열처리를 550℃에서 수행하는 경우에는 다음과 같은 층이 형성된다.

p-(In, Al)GaN/p<sup>+</sup>-(In, Al)GaN/IrO:H/Ir-ZnO(Au는 금속점의 형태로 산화물 내부에 존재하게 됨)

여기서, IrO:H은 Ir에 비하여 금속 일함수 값이 크므로(Ir=4.7eV, IrO:H ≥5.4eV) p형 오믹 형성에 큰 기여를 할 수 있게 된다. 또한, 산화물이 되는 순간에 열적/구조적으로 안정해 지며, 일반적으로 산화물이 다결정(polycrystal) 구조를 갖는데 반하여 GaN과 안정한 에피택시얼(epitaxial)한 관계를 갖게 된다. 따라서, 상부에 형성되는 Ir-ZnO 혼합산화물층이 같은 헤테로에피택시얼(heteroepitaxial)한 관계를 갖도록 하는데 도움을 주게 된다. 이것은 광소자 내부에서 발생된 포톤(photon)이 소자 밖으로 잘 방출될 수 있도록 하는데 기여한다. 더불어서, 안정한 전극 계면 형성이 가능해 지므로 전극의 신뢰성이 크게 향상될 수 있게 된다.

한편, 본 발명에 따른 발광소자 투명전극의 다른 예로서 도 5 내지 도 7과 같이 발광소자의 투명전극을 형성할 수도 있다. 도 5 내지 도 7은 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극이 형성된 다른 구조의 예를 나타낸 도면이다.

도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명에 의하면 p형 GaN계 층(501) 위에 고정공농도( $10^{18}\text{cm}^{-3}$  이상)를 갖는 p<sup>+</sup>형 IrO층(502)이 형성되어 있으며, 그 위에는 투명전극(503)을 형성하게 된다. 여기서, 상기 투명전극(503)은 임의의 금속 투명전극(예컨대, Co-O/Au, Ni-O/Au 등)으로 형성될 수도 있으며, 상기 도 3을 참조하여 설명된 투명전극이 형성될 수도 있다.

여기서, 상기 p<sup>+</sup>형 IrO층(502)은 다음과 같은 방법을 통해서 형성될 수 있다.

하나의 방법은, 스퍼터링 시스템을 이용해서 증착하는 방법으로서, IrO 또는 Ir 타겟에 대하여 산소가 포함된 가스 플라즈마를 이용해서 증착을 수행하는 방법이다.

또 다른 방법으로는, Ir을 이베퍼레이터(evaporator) 또는 PVD(Physical Vapor Deposition) 방법에 의하여 증착한 다음에 산소가 포함되어 있는 분위기에서 적어도 400℃ 이상의 고온에서 열처리를 수행함으로써 형성할 수도 있다. 이때, 산화물 자체가 'p-conduction'을 갖고 있게 된다.

그리고, 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명에 의하면 p형 GaN계 층(601) 위에 고정공농도( $10^{18}\text{cm}^{-3}$  이상)를 갖는 p<sup>+</sup>형 ZnO층(602)이 형성되어 있으며, 그 위에는 투명전극(603)을 형성하게 된다. 여기서, 상기 투명전극(603)은 전도성과 빛 투과성이 우수한 금속으로 형성될 수도 있으며, 상기 도 3을 참조하여 설명된 투명전극이 형성될 수도 있다.

여기서, 상기 p<sup>+</sup>형 ZnO층(602)을 형성하는 방법으로는 스퍼터, MBE, MOCVD를 이용해서 증착할 수 있다. 이 경우에는 P를 도펀트로 사용하게 된다. 스퍼터의 경우, ZnO 타겟을 산소가 포함되어 있는 가스 플라즈마와 PH<sub>3</sub>를 이용해서 고농도 p형 ZnO를 증착시킬 수 있으며, MOCVD의 경우에는 ZnCl<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>, PH<sub>3</sub>를 이용해서 성장시킬 수 있게 된다.

또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명에 의하면 p형 GaN계 층(701) 위에 고농도의 n<sup>+</sup>형 ZnO층(702)이 형성되어 있으며, 그 위에는 투명전극(703)을 형성하게 된다. 여기서, 상기 투명전극(703)은 전도성과 빛 투과성이 우수한 금속으로 형성될 수도 있으며, 상기 도 3을 참조하여 설명된 투명전극이 형성될 수도 있다.

상기 n<sup>+</sup>형 ZnO층(702)을 형성하는 방법으로는, 스퍼터를 이용하여 증착하는 방법이 이용되고 있으며, MOCVD를 이용해서 증착시키는 방법도 모색되고 있다. 스퍼터를 이용하는 방법으로는, 우선 ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 타겟을 이용하여 산소가 포함된 분위기에서 플라즈마를 형성한 다음 증착하게 되면, ZnO 내에 Al이 'n-conduction dopant'로서 작용하게 되어 고농도 ZnO를 증착할 수 있게 된다. 이와 같이 형성된 ZnO를 보다 정확히 표현하면 ZnO:Al 또는 AZO(Al doped ZnO)라고 부른다.

이와 같은 본 발명에 의하면 다음과 같은 특성을 얻을 수 있다.

상기 p형 GaN계 층(501)(601) 위에 고정공농도( $10^{18}\text{cm}^{-3}$  이상)를 갖는 p<sup>+</sup>형 IrO(502) 또는 p<sup>+</sup>형 ZnO(602)를 형성시킴으로써, 그 위에 구성되는 상기 투명전극(503)(603)이 터널링(turnnelling) 동작원리에 의해서 쉽게 오믹 접촉을 이룰 수 있게 된다. 즉, 고농도 도핑을 갖는 IrO와 ZnO가 그 위에 구성되는 투명전극 층과의 관계에서 터널링 레이어(turnnelling layer)로서의 기능을 하게 되고 이를 통해서 우수한 오믹 접촉을 이룰 수 있게 되는 것이다. 이는, 도핑농도가 증가하게 되면 금속 반도체 접촉장벽(metal semiconductor contact barrier)에 관계없이 터널링에

의하여 캐리어(carriers)가 흐르므로 자연스럽게 오믹 접촉이 형성되는 것으로 알려져 있다. 또한,  $n^+$ 형 ZnO층(702)가 형성된 경우에 있어서도, 그 위에 구성되는 상기 투명전극(703)과 터널링 동작원리에 의해서 쉽게 오믹 접촉을 이룰 수 있게 된다.

#### 발명의 효과

이상의 설명에서와 같이 본 발명에 따른 발광소자의 투명전극 및 그 제조방법에 의하면, 비접촉저항을 낮추고 이를 통해서 외부에서 공급되는 캐리어가 소자 내부로의 균일한 전류 퍼짐(current spreading)이 가능하며, 또한 소자 내부에서 발생되어 나오는 광자(photon)가 외부로 잘 빠져나갈 수 있는 장점이 있다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

제 1 금속으로 이루어진 금속 산화물층과;

제 3 금속과 상기 금속 산화물층을 이루는 제 1 금속이 반응되어 형성된 혼합 산화물층; 및

제 2 금속으로 이루어지며, 상기 금속 산화물층 및 혼합 산화물층에 금속점(Metal Dot) 형태로 형성된 전도성 배열 물질; 을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극.

##### 청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 제 1 금속은 Pd, Ir, Zn, Ni 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극.

##### 청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 제 1 금속은 수소와 친화력이 높은 물질인 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극.

##### 청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 제 1 금속은 전극이 형성되는 p형 GaN계 층과 반응성이 낮은 물질인 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극.

##### 청구항 5.

제 1항에 있어서,

상기 금속점 형태로 형성되는 전도성 배열 물질은 전도성 브리지(conductive bridge)로서의 기능을 하는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극.

##### 청구항 6.

제 1항에 있어서,

상기 제 2 금속은 Au, Pt 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극.

##### 청구항 7.

제 1항에 있어서,

상기 제 3 금속은 ZnO, IrO, Ir, Ni, Pd, Zn, V 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극.

##### 청구항 8.

p형 GaN계 층과;

상기 p형 GaN계 층 상부에 형성된 고농도 p형 GaN계 층과;

상기 고농도 p형 GaN계 층 위에 형성되며, 제 1 금속으로 이루어진 금속 산화물층과;

제 3 금속과 상기 금속 산화물층을 이루는 제 1 금속이 반응되어 형성된 혼합 산화물층; 및

제 2 금속으로 이루어지며, 상기 금속 산화물층 및 혼합 산화물층에 금속점(Metal Dot) 형태로 형성된 전도성 배열 물질; 을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 9.

제 8항에 있어서,

상기 p형 GaN계 층은 p-(In, Al)GaN층인 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 10.

p형 GaN계 층 상에 제 1 금속층을 형성하는 단계와;

상기 제 1 금속층 상에 제 2 금속층을 형성하는 단계와;

상기 제 2 금속층 상에 제 3 금속층을 형성하는 단계; 및

산소가 포함된 분위기에서 상기 결과물에 대한 열처리를 수행하여,

상기 p형 GaN계 층의 상부 영역은 고농도 p형 GaN계 층으로 형성되고,

상기 제 1 금속층은 금속 산화물층으로 형성되고,

상기 제 3 금속층은 상기 제 1 금속층을 이루는 제 1 금속과 반응되어 혼합 산화물층으로 형성되고,

상기 제 2 금속층은 상기 금속 산화물층 및 혼합 산화물층 내부에 금속점(Metal Dot) 형태의 전도성 배열 물질로 형성되는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 11.

제 10항에 있어서,

상기 p형 GaN계 층은 p-(In, Al)GaN층인 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 12.

제 10항에 있어서,

상기 제 1 금속층은 Pd, Ir, Zn, Ni 중에서 선택되어 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 13.

제 10항에 있어서,

상기 제 1 금속층을 이루는 물질은 수소와 친화력이 높은 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 14.

제 10항에 있어서,

상기 제 1 금속층을 이루는 물질은 상기 p형 GaN계 층과 반응성이 낮은 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 15.

제 10항에 있어서,



상기 결과물에 대한 열처리가 수행되는 과정에 있어, 상기 제 1 금속층은 상기 p형 GaN계 층으로부터 수소를 흡수하여 반응하고, 상기 p형 GaN계 층의 상부는 고농도 p형 GaN계 층으로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 16.

제 10항에 있어서,

상기 금속점 형태로 형성되는 전도성 배열 물질은 전도성 브리지(conductive bridge)로서의 기능을 하는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 17.

제 10항에 있어서,

상기 제 2 금속층은 Au, Pt 중에서 선택되어 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 18.

제 10항에 있어서,

상기 제 3 금속층은 ZnO, IrO, Ir, Ni, Pd, Zn, V 중에서 선택되어 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 투명전극 제조방법.

청구항 19.

p형 GaN계 층과;

상기 p형 GaN계 층 상부에 형성된 고농도 불순물 금속산화물층; 및

상기 고농도 불순물 금속산화물층 상부에 형성된 투명전극; 을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 20.

제 19항에 있어서,

상기 p형 GaN계 층은 p-(In, Al)GaN층인 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 21.

제 19항에 있어서,

상기 고농도 불순물 금속산화물층은  $p^+-IrO$ 로 형성되거나, 또는  $p^+-ZnO$ 로 형성되거나, 또는  $n^+-ZnO$ 로 형성된 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 22.

제 19항에 있어서,

상기 투명전극은 Ni/Au의 적층 구조로 형성되거나, 또는 Co-O/Au의 적층 구조로 형성되거나, 또는 Ni-O/Au의 적층 구조로 형성된 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 23.

제 19항에 있어서, 상기 투명전극은

제 1 금속으로 이루어진 금속 산화물층과;

제 3 금속과 상기 금속 산화물층을 이루는 제 1 금속이 반응되어 형성된 혼합 산화물층; 및

제 2 금속으로 이루어지며, 상기 금속 산화물층 및 혼합 산화물층에 금속점(Metal Dot) 형태로 형성된 전도성 배열 물질; 을 구비하여 형성된 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 24.

제 21항에 있어서,

상기 제 1 금속은 Pd, Ir, Zn, Ni 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 25.

제 21항에 있어서,

상기 금속점 형태로 형성되는 전도성 배열 물질은 전도성 브리지(conductive bridge)로서의 기능을 하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 26.

제 21항에 있어서,

상기 제 2 금속은 Au, Pt 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 발광소자.

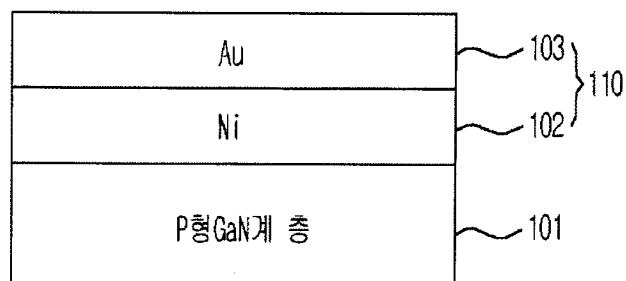
청구항 27.

제 21항에 있어서,

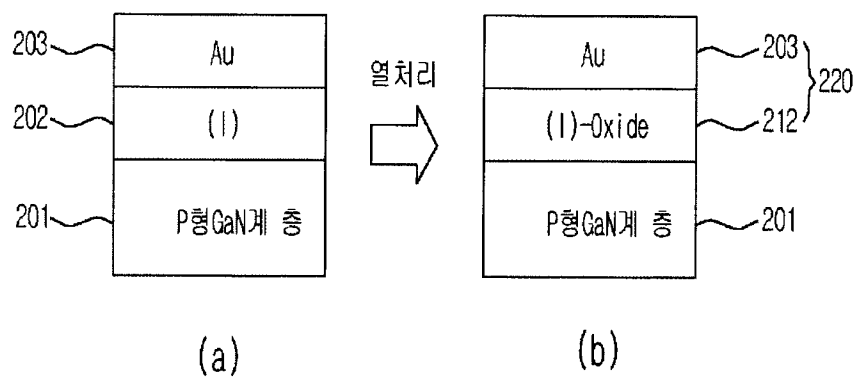
상기 제 3 금속은 ZnO, IrO, Ir, Ni, Pd, Zn, V 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 발광소자.

도면

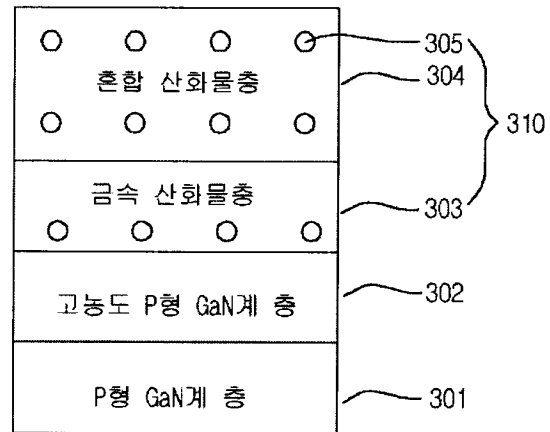
도면1



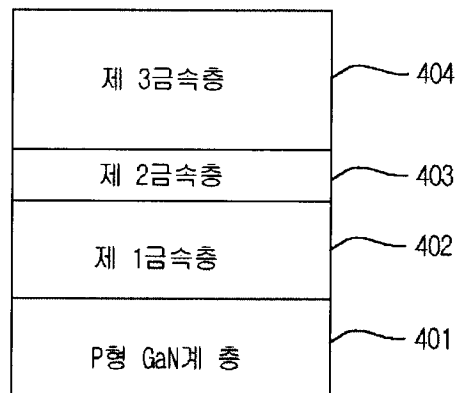
도면2



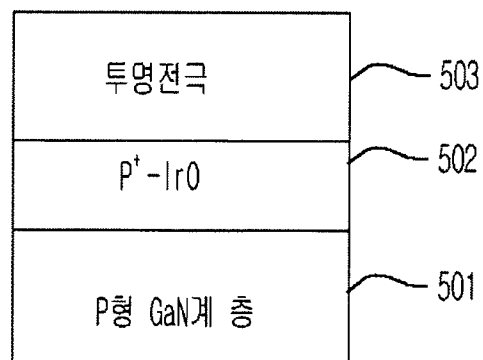
도면3



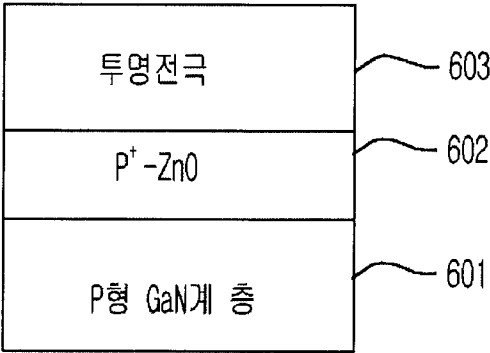
도면4



도면5



도면6



도면7

